

Full English translation of Japanese Laid-open Patent Publication  
No. 61-25994

Japanese Patent Laid-Open No. 25994/1986

1. Title of the Invention

Turbo molecular pump and method for running the pump

2. Claims

1. A method for running a turbo molecular pump being characterized in that, at the time of running the turbo molecular pump, with respect to a stator of the turbo molecular pump, a portion of the stator which supports stator blades is substantially cooled to a boiling point of liquid nitrogen or a temperature lower than the boiling point.

2. A turbo molecular pump being characterized in that, with respect to a stator of the turbo molecular pump, a jacket formed of liquid nitrogen or a cryogenic liquid having a boiling point lower than a boiling point of the liquid nitrogen is provided to a portion of the stator which supports stator blades.

3. Detailed Description of the Invention

[Industrial Field of the Application]

The present invention relates to a turbo molecular pump and a method for running a turbo molecular pump.

[Prior Art]

As explained in JIS Z 8127 -1981 and disclosed in "Vacuum pump" written by Hiroshi Ishii (Shinku Gijutsu Koza (Lecture on Vacuum Technique), Vol. 2, first edition, February 25, 1965,

published by Nikkan Kogyo Shinbunsha) and "Shinku gijutsu manual" (Vacuum Technique Manual) written by John, Ohalon, translated by Tamotsu Noda and two others, first edition, July 30, 1983, published by Sangyo Tosho Ltd.), the turbo molecular pump is a molecular pump which includes a rotor having turbine-like blades and a stator having turbine-like blades. The turbo molecular pump is a kind of a momentum transportation type vacuum pump which is particularly effective for the gas transportation in a molecular flow region.

To explain the general constitution of one example of the turbo molecular pump in conjunction with Fig. 1, in the inside of a stator 11 having a cylindrical inner surface 10, a rotor 13 having a cylindrical outer surface 12 is housed such that the rotor 13 shares a same vertical axis A with the stator. In the inside of a pump space 14 having an annular cross section defined between the inner surface 10 of the stator 11 and the outer surface 12 of the rotor 13, a large number of rotor blades 15 are projected from the rotor outer surface 12 in a radially outward direction and a large number of stator blades 16 are projected from the stator inner surface 10 in a radially inward direction. The rotor blades 15 are arranged in some stages (12 stages in a case shown in the drawing) in the axial direction in a sequentially spaced-apart manner from each other, and each stage of the rotor blades 15 is constituted of a large number of rotor blades 15 which are sequentially spaced apart from

each other equidistantly in the circumferential direction. The stator blades 16 are arranged in some stages (12 stages in a case shown in the drawing) in the axial direction in a sequentially spaced-apart manner from each other in an arrangement that the stage of rotor blades 15 is interposed between each two stages of the stator blades 16, and each stage of the stator blades 16 is also constituted of a large number of stator blades 16 which are sequentially spaced apart from each other equidistantly in the circumferential direction. An intake port 17 which is communicated with an upper portion of the pump space 14 and a discharge port 18 which is communicated with a lower portion of the pump space 14 are formed in the stator 11. The rotor 13 is connected to a motor 19 and is rotated at a high speed about the axis A by driving the motor 19.

In Fig. 2, a portion of the arrangement of the rotor blades 15 and the stator blades 16 in the pump space 14 is shown in a developed form. In Fig. 2, an arrow 3 indicates a gas transportation direction which is directed from the intake port 17 to the discharge port 18, while an arrow C indicates an advancing direction of the rotor blades 15 when the rotor 13 is rotated. In this drawing, two stages of rotor blades among some stages of rotor blades and two stages of stator blades among some stages of stator blades are shown. Further, among a large number of blades which are included in each stage, five

blades are shown in the drawing for each stage. Each blade 15, 16 is formed of a single flat plate and is directed to be inclined with respect to the gas transportation direction B and the rotor blade advancing direction C. To be more specific, the rotor blades 15 are directed such that ends of the rotor blades 15 in the direction opposite to the gas transportation direction B, that is, ends 20 of the rotor blades 15 at the intake port 17 side lead ends of the rotor blades 15 in the gas transportation direction B, that is, ends 21 of the rotor blades 15 at the discharge port 18 side with respect to the rotor blade advancing direction C. Further, the stator blades 16 are directed such that ends of the stator blades 16 in the gas transportation direction B, that is, ends 22 of the stator blades 16 at the discharge port 18 side lead ends of the stator blades 16 in the direction opposite to the gas transportation direction B, that is, ends 23 of the stator blades 16 at the intake port 17 side with respect to the rotor blade advancing direction C.

Due to such an arrangement of the blades 15, 16, when the rotor 13 is rotated at a rate of 20,000 to 60,000 rotations per minute, particularly in the molecular flow region, gas molecules which impinge on the surfaces of the rotor blades 15 and the stator blades 16 receive momentum mainly in the direction from the intake port 17 side to the discharge port 18 side at the time of impingement. Accordingly, as a whole,

the gas is transported in the direction indicated by 3 while being compressed.

(Problem to be Solved by the Present Invention)

In the above-mentioned turbo molecular pump, conventionally, the compression ratio (that is, discharge-side pressure/intake-side pressure) for a light-weighted gas having a small molecular weight such as hydrogen is extremely small. Accordingly, when a gas to be transported contains a light-weighted gas, the minimum pressure that the turbo molecular pump can reach at the intake side is dominated by the small compression ratio of the light-weighted gas so that there has been a drawback that it is difficult to sufficiently reduce the minimum pressure. To overcome this drawback, it may be considered that the advancing speed of the rotor blades is increased by increasing the rotational speed of the rotor whereby the compression ratio is increased. However, as mentioned previously, the rotational speed of the rotor has been already considerably large and hence, if the rotational speed would be further increased, the turbo molecular pump has to undergo restrictions with respect to the strength of the rotor, the strength of bearings, the torque of the motor, the control of the motor and the like. Accordingly, the increase of the rotational speed is difficult from a practical point of view.

(Means for Solving the Problems)

To solve the above-mentioned conventional problems, the present invention makes use of a following known relationship.

"By setting the molecular weight of a gas molecule to m, the Boltzmann constant to k and the absolute temperature of gas to T, the most probable speed  $V_g$  of the gas molecule is given by a following equation.

$$V_g = \sqrt{2kT / m}$$

In the turbo molecular pump, when the advancing speed of the rotor blades is set to  $V_g$  and the blade speed ratio S is defined by a following equation,

$$S = V_b / V_g = V_b / \sqrt{2kT / m}$$

with respect to the normally used rotor speed and a normal gas, a following relationship is established between the blade speed ratio S and the compression ratio K.

$$K \cong \exp (aS) \quad a: \text{positive constant}$$

Accordingly, in proportion to the increase of the blade speed ratio S, the compression ratio K is increased."

According to this relationship, it is understood that, in place of increasing the advancing speed  $V_b$  of the rotor blades by increasing the rotational speed of the rotor, when the absolute temperature T of the gas is lowered, the compression ratio K can be increased. As means for lowering the absolute temperature T of the gas, means which cools the stator blades or the rotor blades on which the gas molecules impinge is considered. It is further preferable to cool both

of them. However, in practice, when the rotor blade is cooled, the frosting occurs on the rotors so that there is a possibility that the dynamic balance of the rotor is damaged. Accordingly, the present invention adopts the cooling of the stator blades.

In practice, the cooling of the stator blades can be achieved by cooling a portion of the stator which supports the stator blades. As a cooling medium, the use of liquid nitrogen or a cryogenic liquid having a boiling point lower than a boiling point of the liquid nitrogen is preferable in view of the simplicity of structure and the easy manipulation or in view of the ability to cool the gas to a sufficiently low temperature. Further, a proper gas-cooling-type refrigerating machine can be also used.

In this manner, according to this embodiment, to eliminate the above-mentioned conventional problems, firstly, there is provided "a method for running a turbo molecular pump being characterized in that, at the time of running the turbo molecular pump, with respect to a stator of the turbo molecular pump, a portion of the stator which supports stator blades is substantially cooled to a boiling point of liquid nitrogen or a temperature lower than the boiling point".

Secondly, there is provided "a turbo molecular pump being characterized in that, with respect to a stator of the turbo molecular pump, a jacket formed of liquid nitrogen or a cryogenic liquid having a boiling point lower than a boiling

point of the liquid nitrogen is provided to a portion of the stator which supports stator blades".

(Manner of Operation)

According to the above-mentioned method for running the turbo molecular pump and the turbo molecular pump of the present invention, with respect to the stator, the portion which supports the stator blades is substantially cooled to the cryogenic state which is at least lower than the boiling point 77K of the liquid nitrogen with the use of the liquid nitrogen or the cryogenic liquid having the boiling point lower than the boiling point of the liquid nitrogen. Accordingly, the stator blades which are supported on this portion are also cooled cryogenically at the same degree. Therefore, the gas which is transported by the turbo molecular pump is cooled when the molecules impinge on the stator blades and hence, the absolute temperature of the molecules is lowered whereby the most probable speed  $V_g$  of the gas molecules is lowered, the blade speed ratio  $S$  is increased and the compression ratio  $K$  is also increased. Accordingly, the minimum pressure which can be attained at the intake side of the turbo molecular pump can be reduced.

(Embodiment)

An embodiment of the turbo molecular pump according to the present invention has the above-mentioned general structure which is exactly same as the general structure which

is explained previously in conjunction with Fig. 1 and Fig. 2. According to the present invention, in a stator 11, on a portion which supports stator blades 16 and is brought into close contact with the stator blades 16 with a favorable heat transfer relationship, for example, on an outer surface 25 of a spacer 24, outer threads are formed. On an inner side surface 28 of an annular liquid nitrogen vessel 27 having a liquid nitrogen intake/discharge port 26, inner threads are formed. The vessel 27 is mounted on the spacer 24 in a favorable heat transfer relationship by the thread engagement between the above-mentioned outer threads and inner threads. The above-mentioned liquid nitrogen vessel 27 constitutes a jacket of liquid nitrogen.

In operating the above-mentioned turbo molecular pump, the liquid nitrogen is filled into the inside of the vessel 27 through the liquid nitrogen intake/discharge port 26 so that the spacer 24 is cooled in a cryogenic state with the use of the liquid nitrogen. Further, the stator blades 16 which are in the heat transfer relationship with the stator 24 is also cooled in a cryogenic state and the rotor 13 is rotated at high speed by driving a motor 19. Then, the gas is transported from the intake port 17 to the discharge port 18 while being compressed. In such a transfer of the gas, since the stator blades 16 are cooled, the high compression ratio can be obtained.

In such a turbo molecular pump, it is evident that even when the cryogenic liquid such as liquid helium having the boiling point lower than the boiling point of the liquid nitrogen is used in place of the liquid nitrogen, the similar advantageous effect can be obtained. Further, by making the surface of the stator coarse, the cooling effect of the gas can be further enhanced.

[Advantages of the Invention]

According to the turbo molecular pump and the method for running the turbo molecular pump according to the present invention, with the use of the liquid nitrogen or the cryogenic liquid having the boiling point lower than the boiling point of the liquid nitrogen, the stator blades are cooled cryogenically through the stator portion which supports the stator blades and hence, the gas temperature of the gas molecules which impinge on the stator blades is lowered. Along with the lowering of the gas temperature, the previously-mentioned blade speed ratio  $S$  of the turbo molecular pump is increased and the compression ratio  $K$  is also increased corresponding to the increase of the blade speed ratio  $S$ .

In this manner, according to the present invention, the compression ratio larger than the conventional compression ratio can be achieved in the turbo molecular pump. This advantageous effect can be obtained also with respect to the light-weighted gas such as hydrogen. Accordingly, also with

respect to the gas which contains the light-weighted gas, the minimum pressure which is attainable at the intake side of the turbo molecular pump can be set to a value lower than the conventional pressure value.

According to the finding made by an experiment, in a turbo molecular pump having a diameter of 0.1 m, 12 stages of rotor blades, 12 stages of stator blades and a rotational speed of 50,000 rpm, when the liquid nitrogen was accommodated in a jacket (vessel) which arranges a stator-blade support portion as shown in Fig. 1 and then the transportation of hydrogen gas was performed, the compression ratio was increased approximately 45 to 105 times in the molecular flow region compared to the conventional value of approximately  $10^3$  which is obtained without performing the cooling using liquid nitrogen. Here, the discharge speed of the turbo molecular pump was increased about 1.4 to 1.8 times compared to the conventional discharge speed.

#### 4. Brief Description of the Drawings.

Fig. 1 is a vertical cross-sectional view of an embodiment of a turbo molecular pump according to the present invention and Fig. 2 is a view showing the arrangement of rotor blades and stator blades in the inside of a pump space in the turbo molecular pump shown in Fig. 1.

In the drawings, numeral 11 indicates a stator, numeral 13 indicates a rotor, numeral 15 indicates rotor blades,

numeral 16 indicates stator blades, numeral 17 indicates an intake port, numeral 18 indicates a discharge port, numeral 24 indicates a portion which supports the stator blades and numeral 27 indicates a jacket formed of cryogenic liquid.

④日本国特許庁(JP)

⑤特許出版公開

⑥公開特許公報(A) 昭61-25994

⑦Int.Cl.  
F 04 D 19/04

識別記号

府内整序番号  
8649-3H

⑧公開 昭和61年(1986)2月5日

審査請求 未請求 発明の数 2 (全5頁)

⑨発明の名称 ターボ分子ポンプおよびその運転方法

⑩特願 昭59-144391

⑪出願 昭59(1984)7月13日

⑫発明者 棚本 浩郎 茅ヶ崎市東海岸2-4-48 コーポ湘南2号  
⑬発明者 山川洋幸 茅ヶ崎市浜之町359-11  
⑭発明者 寺澤 実浩 平塚市旗振間263の1 コーポやわら203  
⑮出願人 日本真空技術株式会社 茅ヶ崎市萩園2500番地  
⑯代理人 斎藤士八木田茂 外2名



明細書

①発明の名称

ターボ分子ポンプおよびその運転方法

②特許請求の範囲

1. ターボ分子ポンプを構成する際に、ターボ分子ポンプのステータのうちの、ステータ羽根を実施する部分を、実質上液体潤滑の静止またはこれよりも低い温度まで冷却することを特徴とするターボ分子ポンプの運転方法。

2. ターボ分子ポンプのステータのうちの、ステータ羽根を実施する部分で、液体冷却またはこれよりも低圧の低い液体潤滑のジャケットを設備したことを特徴とするターボ分子ポンプ。

3. ②の静止

〔本発明の利用分野〕

この発明は、ターボ分子ポンプおよびその運転方法に関するものである。

〔発明の技術〕

ターボ分子ポンプは、JIS B 8712-1981

に規定され、また石井雄祐「真空ポンプ」(真空技術開発第2号、昭和40年2月25日初版、日本工業新開社発行)およびジョン・オーランド著、野田保伯訳「真空技術マニフェル」(昭和53年7月10日初版、恩賜図書株式会社発行)に記載されているように、メーピン形の羽根を内フロートおよびステータからなる分子ポンプであつて、分子束循環での気体輸送に特に有効な、運動量増式真空ポンプの一種である。

この例の一般的構造について、図1図を参照しあがめ説明すると、円筒状内面ノロを有するステータノリの中には、円筒状外面ノヨセ有するロータノリが、ステータと同一の垂直軸回軸ノリするよう取付けられる。スチータノリの内面ノロとロータノリの外面ノヨセとの間の環状断面のポンプ空間ノリ中には、ロータ外周ノヨセから半径万円外周を多くロータ羽根ノリが突出し、スチータ内面ノロから半径万円内周を多くスチータ羽根ノリが突出する。ロータ羽根ノリは、順次右方向に順次相触れたいくつかの段(図示の例ではノリ

特開昭63-25894(2)

として配列され、ロータ羽根ノミの各段は、周方向に等間隔に順次相違れ多く多くのロータ羽根ノミからなる。ステータ羽根ノミは、周置方向にロータ羽根ノミの底と（つまき配置で順次相違れたいくつかの段（図示の例ではノミ2段）として配列され、スチーマ用段の各段も、周方向に等間隔に順次相違れ多く多くのステータ羽根ノミからなる。スチーマノミには、ポンプ翼端ノドの上方に通過する排気口ノミと、ポンプ空間ノムの下方に通過する排気口ノミとが取付けられる。ロータノミは、モータノミに連結され、モータノミの駆動により、モータノミを中心として高速回転する。

第2図には、ポンプ空間ノムにかけたロータ羽根ノミおよびステータ羽根ノミの配列の部分が點線で示される。第2図において、矢印ヨリ、吸気口ノミから排気口ノミへ向う气体輸送方向を示し、矢印には、ロータノミが回転するときにロータ羽根ノミが進行する方向を示す。この図には、いくつかのロータ羽根段のうちの2段といくつかのステータ羽根段のうちの2段とが図示され、2

各羽根段に含まれる多くの羽根のうちの各2個が図示される。各羽根ノミノミは平盤を一枚張りあつて、気体輸送方向におけるロータ羽根進行方向に沿して傾斜するように指向される。詳しく述べれば、ロータ羽根ノミは、セラウンド輸送方向と反対方向の歯すなわち排気口ノミの側の歯すなわちポンプ翼端ノドの側の歯すなわちポンプ空間ノムの側も先行するように指向され、また、ステータ羽根ノミは、気体輸送方向の歯すなわち排気口ノミの側の歯すなわちポンプ翼端ノドの側の歯すなわちポンプ空間ノムの側も先行するように指向される。

このような羽根ノミノミの配列によれば、ロータノミを例えれば部分20,000～40,000回転させるとともに、分子密度を10<sup>-3</sup>としたとき、ロータ羽根ノミおよびステータ羽根ノミの表面に衝突する気体分子が、衝突の際に、主として排気口ノミの側から排気口ノミの側へ向うこうな運動量

を受ける。これに2つて、生体として見て示したように、気体が圧縮されながら輸送される。  
〔発明が解決しようとする問題点〕

上述したターボ分子ポンプは、従来、特に水素のような低分子量の小さい質量気体に対する圧縮比（サクワライズ効率/吸気側反応）が著しく小さく、従つて、輸送すべき気体が複雑気体を含むしていれば、ターボ分子ポンプは吸気側で到達できる圧縮比が、質量気体の小さな圧縮比に支配されて、充分に低くはならず、という欠点を有する。この欠点を除去するために、ロータの回転速度を上げてロータ羽根の進行速度を大にし、これによって圧縮比を増大せることも考えられるとが、前述したようにロータの回転速度はすでにかなり大きいので、これをさらに増大せることは、コートの強度、耐久の角度、モータのトルク、モータの仰角などの点で制約を受けて、実現上、技術的に困難である。

〔問題点を解決するための手段〕

上述した従来の欠点を解決するために、この發

明では、

「気体分子の分子量をM、ボルツマンの常数をk、気体の絶対温度をTとしたときに、気体分子の最高速度Vgは

$$Vg = \sqrt{2kT/M}$$

を考えられ、ターボ分子ポンプにおいては、ロータ羽根の進行速度をVgとしたときに

$$S = Vg/Vg = Vg/\sqrt{2kT/M}$$

で定義される効率が最大となると同時に、通常採用されるロータ速度および温度の気体においては

$S = 0.95$  (±0)、これは正の常数

が成立つて、Sを増大させればMも増大する」

という公知の関係が利用される。この関係に上れば、ロータの回転速度を上げてロータ羽根の進行速度Vgを上昇させる代りに、気体の絶対温度Mを低下させても圧縮比が増大することが判る。気体の絶対温度Mを低下させる手段としては、気体分子が衝突するステータ羽根またはロータ羽根を冷却することが考えられ、これら両者を共に使

特開昭61-25984(3)

次すればさらに走らしむが、実験上は、ロータ羽根を冷却するようにしたとすると、ロータ羽根が付着してその動力学的平衡が失われるとそれがある。先づてステータ羽根を冷却するととが、この効果では採用したる。

実験上、ステータ羽根の冷却は、ステータのうちの、ステータ羽根を支持する部分を冷却することによって達成でき、冷却方法としては、翼端の構造が簡便で操作が容易であるという点から見て、また充分に低い温度を冷却できるという点から見て、液体窒素またはこれよりも沸点の低い液体媒体を利用することが適切である。また液体窒素ガス冷却式の冷凍機も利用できる。

かくして、この発明によれば、前述したような従来の欠点を除去するためには、図1には、「ターボ分子ポンプを運転する際に、ターボ分子ポンプのステータのうちの、ステータ羽根を支持する部分を、実験上液体窒素の供給またはこれよりも低い温度まで冷却することを特徴とするターボ分子ポンプの運転方法」が掲載され、

(作用)

上述したようとの発明によるターボ分子ポンプの冷却方法およびターボ分子ポンプによれば、ステータのうちの、ステータ羽根を支持する部分が、液体窒素またはこれよりも沸点の低い液体媒体によって、少くとも液体窒素の沸点以下より低い冷却状態で実験上冷却され、先づてこの部分で支持されるステータ羽根も同じ程度まで冷却される。よつて、ターボ分子ポンプによつて冷却される気体は、その分子がステータ羽根に衝突する際に冷却されて、その絶対温度が低下し、これによつて、気体分子の運動速度  $v$  が低下し、羽根速度比  $\omega$  が増大し、生じた  $\omega$  も増大する。かくして、ターボ分子ポンプの吸気側で対流できる最大圧力が近くなる。

#### (実施例)

この発明によるターボ分子ポンプの実施例は、エノ因みに実用圖について説明したと全く同様の一概の構造を有する。この発明によれば、ステータのうちの、ステータ羽根を支持しかつと共に直角な熱伝導固体で構成する部分、例えばスペアーナー、の外周よどみ外ねじが形成される。液体窒素吸入口  $\alpha$  を有する円錐形の液体窒素容器  $\beta$  の内面には、内ねじが形成され、図四よりは、前記外ねじと内ねじのねじ合せによつて、スペアーナーは液体窒素導通固体で取付けられる。上述の液体窒素容器  $\beta$  は液体窒素のジャグションを構成する。

上述したターボ分子ポンプを作動させる際には、液体窒素吸入口  $\alpha$  を介して液体窒素を容器  $\beta$  の中に充填して、この液体窒素によつてスペアーナーを 冷却し、さらにこれと熱伝導固体にあるステータ羽根を冷却し、モータ  $\gamma$  の作用によつてロータ  $\delta$  を高速回転させる。かくすると、気体は吸気口  $\eta$  から排気口  $\zeta$  へ向けて循環す

れながら循環される。その際、ステータ羽根ノットが冷却されているので、高い圧縮比を得ることができる。

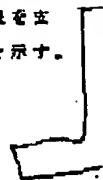
かかるターボ分子ポンプにおいて、液体窒素の代りに、これよりも沸点の低い液体媒体例えば液体ヘリウムを採用しても同様の効果が得られるとは明らかである。また、ステータの表面を粗にしておけば、吸気口を冷却効果がさらに及くなる。(実用の効果)

この発明によるターボ分子ポンプおよびその運転方法によれば、液体窒素またはこれより沸点の低い液体媒体によつて、ステータ羽根を支持するステータ部分を介してステータ羽根が保護されるから、ステータ羽根が支持する気体分子の気体密度が低下する。気体密度の低下によつてターボ分子ポンプを前述した羽根速度比  $\omega$  が増大し、これに伴つて圧縮比も増大する。

かくして、この発明によると、従来よりも大きな圧縮比がターボ分子ポンプにおいて達成され、このことは水銀のようを超える気体についても成立

特開昭61-25996(4)

図版①、ノ1は排気口、ノ2はスチーマー羽根を支持する部分、ノ3は液体被体のジャケットを示す。



つ。故に蒸気液体を許すような液体についても、ターボ分子ポンプの低圧側で潤滑できる遊空圧力が従来よりも低くなっている。

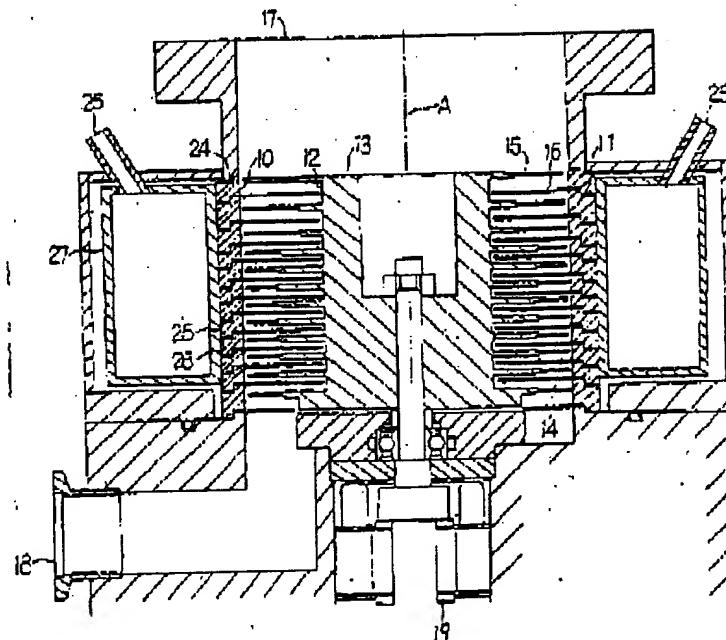
実験的に見出された如く上記に、直径φ1/2、ロータ羽根12枚、スチーマー羽根12枚、回転数が毎分50,000回のターボ分子ポンプにおいて、そのスチーマー羽根支持部分を筒ノ部のような耐候性ジャケット（容器）に液体密閉を確実にして、液体被体の輸送を行なつた場合に、圧縮比は、液体密閉による冷却を行なわざい供給の約10倍と比べて、分子流体状で約1.2～1.5倍だけ増大した。なお、この際にターボ分子ポンプの排気流量は約1.6～1.8倍だけ従来のものより増大した。

#### 4. 断面の簡単な説明

第1図はこの発明によるとターボ分子ポンプの実用例の断面図、第2図は第1図のターボ分子ポンプに付けるポンプ空間の中のロータ羽根およびスチーマー羽根の配置を示す図である。

図において、ノ1はステーナー、ノ2はビード、ノ3はロータ羽根、ノ4はスチーマー羽根、ノ5は

第1図



(5)

特許61- 25994 (5)

第2図

